

DERWENT-ACC-NO: 2001-151688

DERWENT-WEEK: 200116

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Iron alloy for manufacturing connecting rod,  
has  
specific depth of martensite or austenite structure below  
carbonitriding with hardened surface by carburization or  
specific diameter of crystal

PATENT-ASSIGNEE: YAMAHA MOTOR CO LTD[YMHA] .

PRIORITY-DATA: 1999JP-0130804 (May 12, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
JP 2000328183 A	November 28, 2000	N/A
018 C22C 038/00		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP2000328183A	N/A	1999JP-0130804
May 12, 1999		

INT-CL (IPC): C21D001/06, C22C038/00 , C22C038/18

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2000328183A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - An iron alloy contains 0.5-0.1 weight percent (wt.%) of C, 0.1-0.5 wt.% of Si, 0.3-1.5 wt.% of Cr. At least 100  $\mu$ m from hardened surface has a structure of martensite or crystal grain of austenite with grain diameter of 7-10. The hardness of the structure is 700 or more Hvs. Carburization or carbonitriding is used for surface hardening.

USE - For manufacturing connecting rod, crankshaft, reducer gear, etc.

ADVANTAGE - Possesses high wear resistance and fatigue resistance strength.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the enlarged view of structure of the iron alloy.

CHOSEN-DRAWING: Dwg. 9/38

TITLE-TERMS: IRON ALLOY MANUFACTURE CONNECT ROD MARTENSITE AUSTENITE STRUCTURE

BELOW SPECIFIC DEPTH HARDEN SURFACE CARBONITRIDED  
SPECIFIC DIAMETER  
CRYSTAL

DERWENT-CLASS: M13 M27

CPI-CODES: M13-D02A; M27-A04; M27-A04C; M27-A04S;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C2001-045501

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-328183

(P2000-328183A)

(43)公開日 平成12年11月28日 (2000.11.28)

(51)Int.Cl.<sup>1</sup>

C 22 C 38/00

C 21 D 1/06

C 22 C 38/18

識別記号

301

F I

C 22 C 38/00

C 21 D 1/06

C 22 C 38/18

テ-マ-ト<sup>1</sup> (参考)

301 N

A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 18 頁)

(21)出願番号

特願平11-130804

(71)出願人 000010076

ヤマハ発動機株式会社

静岡県磐田市新貝2500番地

(72)発明者 小池 俊勝

静岡県磐田市新貝2500番地ヤマハ発動機株式会社内

(72)発明者 山縣 裕

静岡県磐田市新貝2500番地ヤマハ発動機株式会社内

(74)代理人 100104776

弁理士 佐野 弘

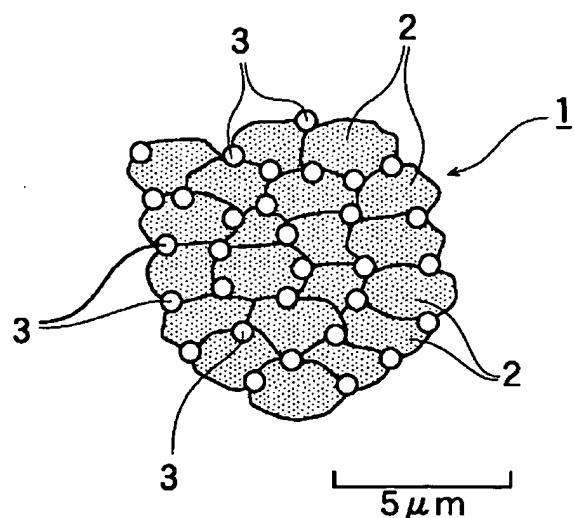
(22)出願日

平成11年5月12日 (1999.5.12)

(54)【発明の名称】 鉄合金部品

(57)【要約】

【課題】 表面強度が向上した鉄合金部品を提供する。  
【解決手段】 化学成分としてCを0.1から0.5重量%、Siを0.1から0.5重量%、Crを0.3から1.5重量%、含有する鉄を基材とする鉄合金部品1において、表面硬化処理(浸炭あるいは浸炭窒化)により、表面から少なくとも100μmの範囲の組織を、マルテンサイト2あるいはさらに残留オーステナイトを含む結晶粒と、この結晶粒境にFeあるいはCrあるいは両方の炭化物3あるいはFeあるいはCrの窒化物を析出させたもので構成し、前記マルテンサイト2あるいはさらに残留オーステナイトの結晶粒径が、鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法(JIS G 0551)に規定する粒度測定対象表面の顕微鏡による粒度測定方法、及びこの顕微鏡測定に基づく平均粒度番号算出方法及び粒度算出方法と同一の方法で測定算出する場合、7から10となるようにし、且つ、表面から少なくとも100μmの範囲の硬さを少なくともHv700以上とした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 化学成分としてCを0.1から0.5重量%、Siを0.1から0.5重量%、Crを0.3から1.5重量%、含有する鉄を基材とする鉄合金部品において、

表面硬化処理（浸炭あるいは浸炭窒化）により、表面から少なくとも100μmの範囲の組織を、マルテンサイトあるいはさらに残留オーステナイトを含む結晶粒と、この結晶粒境にFeあるいはCrあるいは両方の炭化物あるいはさらにFeあるいはCrの窒化物を析出させたもので構成し、前記マルテンサイトあるいはさらに残留オーステナイトの結晶粒径が、鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法（JIS G 0551）に規定する粒度測定対象表面の顕微鏡による粒度測定方法、及びこの顕微鏡測定に基づく平均粒度番号算出方法及び粒度算出方法と同一の方法で測定算出する場合、7から10となるようにし、且つ、表面から少なくとも100μmの範囲の硬さを少なくともHv700以上としたことを特徴とする鉄合金部品。

【請求項2】 硬さがHv550となる有効硬化深さを1から2mmとしたことを特徴とする請求項1記載の鉄合金部品。

【請求項3】 表面から少なくとも100μmの範囲で、前記炭化物あるいは及び前記窒化物の平均粒径を表面から少なくとも100μmの範囲で0.5μmから1.0μmとすると共に、前記範囲の組織中の前記炭化物あるいは及び前記窒化物の面積率を1から20%としたことを特徴とする請求項1又は2記載の鉄合金部品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、表面硬化処理（浸炭あるいは浸炭窒化）された鉄合金部品に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来からこの種の鉄合金部品としては、例えば、エンジン等の一部品であるコンロッド、クランク軸や減速歯車等がある。

【0003】これらコンロッドやクランク軸等の軸物で、駆動力を伝達する部品には捻れトルク等の荷重が作用することから、表面を堅くした方が耐疲労強度を向上させることができる。また、表面を堅くすれば耐摩耗性も向上させることができ歯車等で有効である。

【0004】そして、表面を堅くする技術として浸炭処理という方法がある。これは、低炭素鋼を浸炭剤中で加熱し、鋼表面から炭素（C）を浸透させ、その表面付近のC濃度を高める方法である。浸炭された品物を高温度のオーステナイト状態から急冷すると、鋼表面はマルテンサイト化されて硬化するが、内部は低炭素なので硬化せずに、粘り強さを保持する。浸炭剤としては、個体、液体、ガスのいずれも利用される。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、本発明者らはそのような従来の浸炭方法よりも更に表面強度等をより向上させることはできないか、鋭意検討した結果、この発明を創作するに至ったものである。

【0006】そこで、この発明は、表面強度が向上した鉄合金部品を提供することを課題としている。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】かかる課題を達成するため、請求項1に記載の発明は、化学成分としてCを0.1から0.5重量%、Siを0.1から0.5重量%、Crを0.3から1.5重量%、含有する鉄を基材とする鉄合金部品において、表面硬化処理（浸炭あるいは浸炭窒化）により、表面から少なくとも100μmの範囲の組織を、マルテンサイトあるいはさらに残留オーステナイトを含む結晶粒と、この結晶粒境にFeあるいはCrあるいは両方の炭化物あるいはさらにFeあるいはCrの窒化物を析出させたもので構成し、前記マルテンサイトあるいはさらに残留オーステナイトの結晶粒径が、鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法（JIS G 0551）に規定する粒度測定対象表面の顕微鏡による粒度測定方法、及びこの顕微鏡測定に基づく平均粒度番号算出方法及び粒度算出方法と同一の方法で測定算出する場合、7から10となるようにし、且つ、表面から少なくとも100μmの範囲の硬さを少なくともHv700以上としたことを特徴とする。

【0008】請求項2に記載の発明は、請求項1記載の構成に加え、硬さがHv550となる有効硬化深さを1から2mmとしたことを特徴とする。

【0009】請求項3に記載の発明は、請求項1又は2記載の構成に加え、表面から少なくとも100μmの範囲で、前記炭化物あるいは及び前記窒化物の平均粒径を表面から少なくとも100μmの範囲で0.5μmから1.0μmとすると共に、前記範囲の組織中の前記炭化物あるいは及び前記窒化物の面積率を1から20%としたことを特徴とする。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について説明する。

【0011】【発明の実施の形態1】図1乃至図17及び図34乃至図38には、この発明の実施の形態1を示す。

【0012】まず構成を説明すると、この実施の形態1の鉄合金部品1は、化学成分としてCを0.1から0.5重量%、Siを0.1から0.5重量%、Crを0.3から4.0重量%含有する鉄を基材とし、表面硬化処理（浸炭あるいは浸炭窒化）が施されている。図1及び図34乃至図38には、本発明の鉄合金部品として採用可能な基材の化学成分の規格を示し、この規格は、熱間圧延、熱間鍛造など、熱間加工によって作られたもので、

通常更に鍛造、切削などの加工と熱処理を施し、主として機械構造用に使用される一端焼入れ性を保証した構造用鋼鋼材について規定したものである。本発明の実施の形態1においては、この図1及び図34乃至図38中、SCM420が基材として使用されている。

【0013】そして、この鉄合金部品1は、表面硬化処理（浸炭あるいは浸炭窒化）により、表面から少なくとも $100\mu\text{m}$ の範囲の組織がマルテンサイト2を含んで構成され、このマルテンサイト2の結晶粒径が粒度が、鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法（JIS G 0551）に規定する粒度測定対象表面の顕微鏡による粒度測定方法、及びこの顕微鏡測定に基づく平均粒度番号算出方法及び粒度算出方法と同一の方法で測定算出する場合7から10とされている。図2には、鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法（JIS G 0551）により、鋼を焼きなまし・焼きならし・焼き入れ・浸炭その他の目的で変態点以上又は固溶化熱処理の温度に加熱したとき、その温度及び保持時間によって定まるオーステナイト結晶粒の大きさを、所定の粒度を規定の方法によって測定して得られる粒度番号と、断面積 $1\text{mm}^2$ あたりの結晶粒の数及び結晶粒の平均断面積の相関が示されており、マルテンサイト2組織における粒度番号（上記した鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法（JIS G 0551）に規定するものと同一の方法で測定算出したもの）についても、図2を適用して断面積 $1\text{mm}^2$ あたりの結晶粒の数あるいは結晶粒の平均断面積を概略求めることができる。

【0014】また、その表面には、表面硬化処理により、FeあるいはCrの少なくとも一方の炭化物3が析出され、この組織中の炭化物3の平均粒径が $0.5$ から $1.0\mu\text{m}$ 、組織中の炭化物3の面積率が1パーセントから20パーセント、表面から少なくとも $100\mu\text{m}$ の範囲の硬さがHV700以上で、しかも、表面粗さがRa2以下に構成されている。

【0015】かかる鉄合金部品1の表面硬化処理は、以下のようにして行う。

【0016】まず、鉄合金部品1の基材として上記のように、SCM420Hの材料を使用する。

【0017】そして、かかる基材を1回目の浸炭を行う。すなわち、ガスで浸炭する場合、浸炭炉は水平な左右方向を長手方向とする場合、前後方向の側面、天井面、底面は閉じられた壁面とされ、少なくとも前後の側面と天井面に電熱あるいはガスバーナーによる加熱手段が配置され、左右方向の両端にそれぞれ開閉扉を配置したものとなる。開閉扉の一方が、防炭処理された金属性のパレットに鉄合金部材1が載置されたものの搬入口とされ、他方が搬出口とされる。浸炭炉にはさらに炭素雰囲気を作り出すためCOガスやメタン等の炭化水素ガスからなる浸炭ガスを導くガス導入口と、鉄合金部材1表面に浸透せずCO2ガスや水蒸気となったもの（加熱の

ための燃焼の結果できるガスを含む）排気ガスの排出口が設けられている。浸炭は前記浸炭ガスを炉内に導くとともに、壁面の加熱手段で所定温度に加熱し、あるいは前記浸炭ガスの供給を止めるとともに加熱を停止して（炉冷）行う。加熱は鉄合金部品1表面の加熱色を検知して温度計測するか、炉内に挿入する温度センサにより温度計測し加熱量を制御しつつ行う。炭素雰囲気濃度はO2ガス濃度を検知して所定の算出プログラムを使用して算出する。炭素雰囲気濃度を一定にするため、O2ガス濃度を検知しつつ前記浸炭ガスの供給量をフィードバック制御する。この実施の形態では、図4に示すように、炭素雰囲気濃度が、CP（カーボンボテンシャル）=1.60中において、950°Cで、3時間加熱して浸炭を行った後、A1線の温度（727°C）より下の温度まで炉冷（FC）するか、前記パレットを炉の中から出し、常温の所定容積以上の油あるいは水を収容する油槽あるいは水槽中に前記パレットごと加熱された鉄合金部材1を浸漬する焼き入れ（MQ）を行う。すなわち、CPは、図3に示す鋼の状態図において、炭素濃度（C%）がS点（0.8%）からE点（2.1%）の範囲となるように、ここでは1.60に設定される一方、A1線よりも上の温度域、ここでは950°Cに設定されている。このように過剰浸炭した鋼の表面は、結晶粒界に遊離セメントイトがあらわれた超共析組織を呈する。

【0018】この1回目の浸炭によって形成される金属組織は、表面が図5に示すようにマルテンサイト2の結晶粒の平均粒径が概略 $20\mu\text{m}$ 程度となり、更に、これを拡大すると図6に示すように、大きなマルテンサイト2の結晶粒の間に、網目状の炭化物3が析出している。

また、中心部は図7に示すようにマルテンサイト2の結晶粒の平均粒径が概略 $25\mu\text{m}$ 程度となる。

【0019】次いで、その1回目の浸炭が終了したものに2回目の浸炭を施す。これは、炭素雰囲気濃度が、CP=1.20中において、900°Cで、2時間加熱し、その後、850°Cで20分間加熱する。すなわち、CPは、図4に示す鋼の状態図において、炭素濃度（C%）がS点（0.8%）からE点（2.1%）の範囲となるように、ここでは1.20に設定される一方、Ac<sub>m</sub>線よりも下でA1線よりも上の温度域、ここでは900°Cに設定されている。

【0020】この処理で、過剰浸炭層の炭素を内部へ拡散させると共に、表面のC%を0.8%以上に保つ。

0.8%未満だと表面に炭化物3は析出しない。

【0021】そして、油焼入れあるいは水焼き入れの何れかの焼入れ（MQ）を行い、160°Cで1時間30分加熱して焼き戻しを行う。

【0022】その2回目の浸炭によって形成される金属組織は、表面が図8に示すようにマルテンサイト2の結晶粒の平均粒径が概略 $5\mu\text{m}$ 程度となり、更に、これを拡大すると図9に示すように、マルテンサイト2の結晶

粒の粒径が1回目より小さくなると共に、炭化物3は網目状から微細粒に変化する。

【0023】また、中心部は、図10に示すようにマルテンサイト2の結晶粒の平均粒径が概略14μm程度となる。

【0024】なお、第1回目の浸炭後の冷却を炉冷でなく焼き入れで行う場合、表面の金属組織はオーステナイト結晶粒が全てマルテンサイト2にはならず、残留オーステナイトが混じる場合があるが、マルテンサイト2及び残留オーステナイトの結晶粒の平均径は概略20μm程度となり、さらに第1回目の浸炭後の冷却方法のいかんに拘らず第2回目の浸炭後の焼き入れを経て残留オーステナイトの結晶粒が残ることもある。この場合でもマルテンサイト2及び残留オーステナイトの結晶粒の平均径は概略5μm程度となり、これらマルテンサイト2及び残留オーステナイトの結晶粒の粒度は、鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法(JIS G0551)に規定する方法と同一の方法で測定算出する粒度で7から10とすることができる。すなわち、複数回の浸炭工程と、後処理を経て熱処理が終了した状態において、表面から少なくとも100μmの範囲の組織を、残留オーステナイトの結晶粒が混入するとしてもマルテンサイトを含んで構成することができる。

【0025】このように複数回浸炭を行うことにより、鉄合金部品1の表面は、上記のようにマルテンサイト2で構成されると共に、炭化物3(Fe<sub>3</sub>CあるいはCr<sub>3</sub>C)が析出することとなる。そして、鉄合金部品1の表面から深い所まで浸炭が行われると共に、炭化物3が粒子が分散することにより、強度が向上することとなる。

【0026】さらに、図11に示すように、表面から0.1mmの表層においては、直径44.06μmの円形の3ヶ所の視野範囲(視野1、視野2、視野3)について、画像解析すると、金属組織中の炭化物3の粒子の分散状態は、図12に示すようになる。すなわち、視野1乃至3の平均値は、粒子の総面積(μm<sup>2</sup>)が90.93μm<sup>2</sup>、面積率(%)が5.97%、粒子の個数が69.67、粒径最大値(μm)が3.56μm、粒径最小値(μm)が0.35μm、粒径平均値(μm)が1.1μmとなる。この微細炭化物3がマルテンサイト2の結晶粒の成長を阻害し、表面付近のマルテンサイト2の結晶粒径を細かく(平均粒径1~10μm)でき、表面応力が高くなり、曲げ強度を向上させることができる。通常の平均粒径は10~20μm程度である。

【0027】すなわち、図13には、SCM420の基材を上記のように浸炭したものにおいて、深さと硬さ(Hv)との関係を示す。これによれば、Hv550となる有効硬化深さは1.45mm(E1.45)であり、表面硬さはHv890、中心硬さはHv441である。

【0028】なお、表面から100μmの範囲の硬さをHv700以上を維持しつつ、表面硬さをHv890より下げるあるいは高めることにより有効硬化深さを1~2mmの範囲で変化させても良い。

【0029】また、マルテンサイト結晶粒径と10<sup>7</sup>回疲労強度との関係を、図14に示すと、結晶粒径が10μm以下になると、疲労強度が急激に大きくなることが分かる。してみれば、上記のように複数回浸炭により、平均粒径を1~10μm程度にできるため、疲労強度も大きくすることができる。

【0030】さらに、図15には、上記のようにして浸炭された平滑材を室温において小野式回転曲げ試験を行った場合におけるデータを示し、図16には、その応力振幅(MPa)と破壊繰返し数(N)との関係を示す。これによれば、測定部1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11において、破壊繰返し数(N)が1.00E+07(10<sup>7</sup>)となる。そして、測定部8, 9, 11では、応力振幅(MPa)が1000を超える。

【0031】これに対し、図17には、従来のように1回浸炭された平滑材を室温において小野式回転曲げ試験を行った場合におけるデータを示し、図18には、その応力振幅(MPa)と破壊繰返し数(N)との関係を示す。これによれば、測定部1, 2, 3において、破壊繰返し数(N)が1.00E+07(10<sup>7</sup>)となる。そして、これら測定部1, 2, 3では、応力振幅(MPa)が800より小さい。

【0032】従って、この発明の実施の形態1のように、複数回浸炭を行うことにより、繰返し応力に対する強度が向上することが分かる。

【0033】さらにまた、表面粗さをRa2以下とすることにより、応力集中による強度低下を防止することができると共に、上記のような複数回浸炭にショットピーニングを組み合わせることにより更に強度を向上させることができる。

【0034】[発明の実施の形態2]図19には、この発明の実施の形態2を示す。

【0035】この実施の形態2は、実施の形態1と比較すると、浸炭方法が相違する。すなわち、実施の形態1と同様の鉄合金部品1の基材について、1回目の浸炭を行なう。これは、炭素雰囲気濃度が、CP(カーボンボテンシャル) = 1.40中において、950°Cで、3時間加熱して浸炭を行なった後、A1線の温度(727°C)より下の温度まで炉冷(FC)するか焼入れ(MQ)する。

【0036】次いで、その1回目の浸炭が終了したものに2回目の浸炭を施す。これは、炭素雰囲気濃度が、CP = 1.20中において、900°Cで、2時間加熱した後、850°Cで20分間加熱する。

【0037】その後、油あるいは水による焼入れ(MQ)を行う。

【0038】このようにしても実施の形態1と略同様の効果が得られる。

【0039】[発明の実施の形態3] 図20には、この発明の実施の形態3を示す。

【0040】この実施の形態3は、浸炭を3回行っている。すなわち、実施の形態1と同様の鉄合金部品1の基材について、1回目の浸炭を行う。これは、炭素雰囲気濃度が、CP(カーボンボテンシャル)=1.60中において、950°Cで、3時間加熱して浸炭を行った後、A1線の温度(727°C)より下の温度まで炉冷(FC)するか焼入れ(MQ)する。

【0041】次いで、その1回目の浸炭が終了した後に2回目の浸炭を施す。これは、炭素雰囲気濃度が、CP=1.20中において、900°Cで、2時間加熱して浸炭を行った後、A1線の温度(727°C)より下の温度まで炉を冷却する。

【0042】更に、その2回目の浸炭が終了した後に3回目の浸炭を施す。これは、炭素雰囲気濃度が、CP=1.20中において、820°Cで、1時間加熱して浸炭を行う。

【0043】その後、油あるいは水による焼入れ(MQ)を行う。

【0044】このようにしても実施の形態1と略同様の効果が得られる。

【0045】[発明の実施の形態4] 図20には、実施の形態1と同様の鉄合金部品1の基材について、1回目の浸炭を行う。これは、炭素雰囲気濃度が、CP(カーボンボテンシャル)=1.05中において、850°Cで、2時間加熱して浸炭を行った後、A1線の温度(727°C)より下の温度まで炉冷(FC)するか焼入れ(MQ)する。

【0046】次いで、その1回目の浸炭が終了した後に2回目の浸炭を施す。これは、炭素雰囲気濃度が、CP=1.00中において、800°Cで、30分加熱して浸炭を行う。

【0047】その後、油あるいは水による焼き入れ(MQ)を行う。

【0048】[発明の実施の形態5] 図22には、この発明の実施の形態5を示す。

【0049】この実施の形態5は、実施の形態1と同様の鉄合金部品1の基材について、1回目の浸炭を行う。これは、炭素雰囲気濃度が、CP(カーボンボテンシャル)=1.20中において、900°Cで、1時間加熱して浸炭を行った後、A1線の温度(727°C)より下の温度まで炉冷(FC)するか焼入れ(MQ)する。

【0050】次いで、その1回目の浸炭が終了した後に2回目の浸炭を施す。これは、炭素雰囲気濃度が、CP=1.00中において、800°Cで、30分加熱して浸炭を行う。

【0051】その後、油あるいは水による焼き入れ(MQ)を行う。

Q)を行う。

【0052】ここで、上記実施の形態1乃至5に記載の方法により製造された鉄合金部品1におけるマルテンサイト結晶粒径は、図22に示すような分布となり、10μmより小さいことが分かる。してみれば、上記のように複数回浸炭により、平均粒径が5μm程度となるため、図14から明らかのように、疲労強度も急激に大きくなるものである。ちなみに、1回浸炭の場合には、図23に示すように、結晶粒径が14μm程度であるため、疲労強度は上記と比較すると大幅に低下していることが分かる。

【0053】[発明の実施の形態6] 図24乃至図33には、この発明の実施の形態6を示す。

【0054】この実施の形態6は、鉄合金部品全体が複数回浸炭されているものではなく、1回浸炭された部分と、2回浸炭された部分とを有するものである。

【0055】すなわち、図24及び図25には、一体型のコンロッド11を示す。

【0056】このコンロッド11は、図示省略のピストン側に接続される小端部11aと、図示省略のクランクシャフト側に接続される大端部11bとを有し、これらが連結棒部11cを介して連結されている。

【0057】そして、その小端部11a及び大端部11bは、ピストンやクランクシャフトと連結されるため、表面の硬度が要求されることから、2回浸炭されているのに対して、連結棒部11cは、表面の硬度はそれ程要求されないため、1回浸炭されている。

【0058】より詳しくは、HV700以上の硬さを示す領域が大端部11bと小端部11aで、表面から少なうとも0.5mm以上とされ、連結棒部11cで0.5mm未満とされている。

【0059】その表面層の組織は、マルテンサイト2で構成され、且つ、組織中の炭化物3の平均粒径が大端部11bと小端部11aの表面層で0.5μmから10μmとされ、連結棒部11cの表面層で0.5μm未満とされている。

【0060】組織中の炭化物3の面積率が前記大端部11bと小端部11aの表面層で1%以上とされ、連結棒部11cの表面層で1%未満とされている。

【0061】前記大端部11bと小端部11aとのマルテンサイト結晶粒径が粒度番号(JIS G 0551)7から10とされ、表面粗さが前記大端部11bと小端部11aの表面層でRa2μm以上とされ、連結棒部11cの表面層でRa2μm未満とされている。

【0062】次に、このコンロッド11の製造工程について説明すると、図25に示すように、まず、鍛造前の素材を鍛造し(1)、バリ取り(2)を行い、次に、小端部11aの小端孔11d、大端部11bの大端孔11e加工、小端部11a、大端部11b各端面加工(3)を行う。

【0063】その後、連結棒部11cを銅メッキ等によりマスキング(4)し、1回目浸炭(5)を行った後、マスキング除去処理(6)を行い、2回目浸炭(7)を行う。

【0064】次いで、歪み取り(8)を行い、小端孔11d、大端孔11e研磨(9)を行い、コンロッド11の製造を完了する。

【0065】一方、他の製造工程としては、例えば、上記小端孔11d、大端孔11e加工、小端部11a、大端部11b各端面加工(3)の後に1回目浸炭(10)を行い、次に、マスキング(11)を行う。その後、2回目浸炭(12)を行った後、歪み取り(13)を行い、小端孔11d、大端孔11e研磨(14)を行うこともできる。

【0066】図26及び図27には、分割型のコンロッド11を示す。

【0067】このコンロッド11は、図示省略のピストン側に接続される小端部11aと、図示省略のクランクシャフト側に接続される大端部11bとを有し、これらが連結棒部11cを介して連結されている。その大端部11bは、分割され、キャップ11fがボルト11gにて取り付けられることにより、大端孔11eが形成されるように構成されている。

【0068】そして、その小端部11a及び大端部11bは、ピストンやクランクシャフトと連結されるため、表面の硬度が要求されることから、2回浸炭されているのに対して、連結棒部11cは、表面の硬度はそれ程要求されないため、1回浸炭されている。

【0069】次に、このコンロッド11の製造工程について説明すると、図27に示すように、まず、鍛造前の素材を鍛造し(1)、バリ取り(2)を行い、次に、小端孔11d、大端孔11e加工、小端部11a・大端部11b各端面加工(3)を行う。

【0070】その後、連結棒部11cを銅メッキ等によりマスキング(4)し、1回目浸炭(5)を行った後、マスキング除去処理(6)を行い、2回目浸炭(7)を行う。

【0071】次いで、歪み取り(8)を行い、大端部11bを分割し(9)、大端部11bのボルト11gによる結合(10)を行う。そして、小端孔11d、大端孔11e研磨(11)を行い、コンロッド11の製造を完了する。

【0072】一方、他の製造工程としては、例えば、上記小端孔11d、大端孔11e加工、小端部11a、大端部11b各端面加工(3)の後に1回目浸炭(12)を行い、次に、マスキング(13)を行う。その後、2回目浸炭(14)を行った後、歪み取り(15)を行い、大端部11bを分割し(16)、大端部11bのボルト11gによる結合(17)を行う。そして、小端孔11d、大端孔11e研磨(18)を行い、コンロッド

11の製造を完了する。

【0073】図28及び図29には、クランク軸13を示す。

【0074】このクランク軸13は、図28の(a)に示すように、コンロッドが連結されるクランクピン部13a、クランクケースに連結されるジャーナル部13b、回転時に慣性力を生じさせるクランクウェップ部13c等から構成されると共に、図28の(b)に示すように、オイル孔13d、端部ネジ部13e等が形成されている。

【0075】そして、そのクランクピン部13aやジャーナル部13bは、コンロッドやクランクケースと連結されるため、表面の硬度が要求されることから、2回浸炭されているのに対して、クランクウェップ部13cは、表面の硬度はそれ程要求されないため、1回浸炭されている。

【0076】次に、このクランク軸13の製造工程について説明すると、図29に示すように、まず、鍛造前の素材を鍛造し(1)、バリ取り(2)を行い、次に、クランクピン部13a、ジャーナル部13b、オイル孔13d、端部ネジ部13e加工(3)を行う。

【0077】その後、1回目浸炭(4)を行い、クランクウェップ部13cをマスキング(5)する。このマスキング方法は、まず、クランク軸13全体を銅メッキ後、ジャーナル部13b及びクランクピン部13aの外周のメッキを除去する。

【0078】次いで、2回目浸炭(6)を行った後、歪み取り(7)を行い、ジャーナル部13b及びクランクピン部13a等の外周研磨(8)を行い、クランク軸13の製造を完了する。

【0079】図30及び図31には、減速歯車15を示す。

【0080】この減速歯車15は、図29に示すように、中央部の中間ディスク部15aに軸が挿入される挿入孔15bが形成され、この挿入孔15bにはブッシュ15cが減速歯車15完成後圧入されるようになっている。この中間ディスク部15aの周囲には、複数のボス孔15dを有するボス部15eが形成され、更に、周縁部には多数の歯部15fが形成されている。

【0081】そして、その歯部15fの歯面は、表面の硬度が要求されることから、2回浸炭されているのに対して、それ以外の中間ディスク部15a及びボス部15eは、表面の硬度はそれ程要求されないため、1回浸炭されている。

【0082】次に、この減速歯車15の製造工程について説明すると、図31に示すように、まず、鍛造前の素材を鍛造し(1)、バリ取り(2)を行い、次に、外形、ボス孔15d、ボス部15e端面、歯面等の加工(3)を行う。

【0083】その後、中間ディスク部15a及びボス部

15eを銅メッキによりマスキング(4)を行った後、1回目浸炭(5)を行い、マスキング除去処理(6)を行う。そして、2回目浸炭(7)を行い、歯面研磨(8)を行い、減速歯車15の製造を完了する。

【0084】一方、他の製造工程としては、例えば、外形、ボス孔15d、ボス部15e端面、歯面等の加工(3)後、1回目浸炭(9)を行った後、中間ディスク部15a及びボス部15eをマスキング(10)する。次いで、2回目浸炭(11)を行い、歯部15fの歯面研磨(12)を行い、減速歯車15の製造を完了する。

【0085】図32及び図33には、ピストンピン17を示す。

【0086】このピストンピン17は、ピストンとコンロッドとを連結するもので、図31に示すように、棒状のピストンピン本体17aの内部に貫通孔17bが形成されている。

【0087】そして、このピストンピン本体17aの外周面は、表面の硬度が要求されることから、2回浸炭されているのに対して、貫通孔17bの内周面は、表面硬度はそれ程要求されないため、1回浸炭されている。

【0088】次に、このピストンピン17の製造工程について説明すると、図32に示すように、まず、棒材を両端面切断(1)し、貫通孔17b、外形、端面加工(2)を施す。そして、貫通孔17bの内周部をマスキング(3)し、1回目浸炭(4)を行い、マスキング除去(5)を行う。次いで、2回目浸炭(6)を行った後、外形センタレス研磨(7)を行い、ピストンピン17の製造を完了する。

【0089】一方、他の製造工程としては、例えば、貫通孔17b、外形、端面加工(2)後、1回目浸炭(8)を行った後、貫通孔17bの内周部をマスキング(9)する。次いで、2回目浸炭(10)を行い、外形センタレス研磨(11)を行い、ピストンピン17の製造を完了する。

【0090】このように実施の形態6では、表面強度を必要とする部分のみ複数回浸炭し、他の部分は1回浸炭することにより、より合理的に浸炭を行うことができる。

【0091】なお、図25、図27に示すコンロッド11、図29に示すクランク軸13、図31に示す減速歯車15及び図33に示すピストンピン17のそれぞれの複数鍛造工程においてマスキングあるいはマスキング除去を実施しているが、浸炭槽は鉄合金部品の表面のみで、内部は十分韌性が維持されており、表面槽の韌性が特に必要とされない場合(内燃機関部品の場合内燃機関出力が小さい場合等)は、コンロッド11、クランク軸13、減速歯車15及びピストンピン17等の鉄合金部品の複数浸炭工程中マスキングをせず、鉄合金部品の全体に複数浸炭による表面硬化組織を形成するようにしても良い。

【0092】なおさらには、図4、図19~図22に示す複数浸炭の熱処理のそれぞれに、さらに鉄合金部品を略160℃の温度に加熱し、1時間30分程度略160℃の温度に保持した後空冷する焼き戻しを実施するようにしても良い。これにより表面硬化組織を維持しつつ歪み取りを図ることができる。

【0093】またさらには、浸炭窒化の場合には、COガスやメタン等の炭化水素ガスに例えばアンモニアガスを加えた浸炭窒化ガスを加熱炉中に導入して炭素・窒素雰囲気を作り出す。この場合、窒素雰囲気濃度を所定値にするように制御しつつ、その他の加熱温度、加熱保持時間及び、炭素雰囲気濃度、加熱及び冷却回数、冷却方法等は、図4、あるいは図19~図22と同様にしても良い。このように浸炭窒化を複数回実施しても良いし、あるいは複数回の熱処理の内、いずれかを浸炭、他を浸炭窒化となるように実施しても良い。鉄合金部品の複数浸炭窒化工程中あるいは、浸炭及び浸炭窒化の組み合わせ複数処理工程中、マスキングをしなくても良いのは複数浸炭の場合と同様である。複数浸炭、複数浸炭窒化、浸炭及び浸炭窒化の組み合わせ複数処理により、鉄合金部品の表面硬度を高めるのみでなく表面組織を緻密なマルテンサイト結晶粒だけからなる、あるいは緻密な残留オーステナイトが混じるとしても緻密なマルテンサイト結晶粒からなるものとしており、耐摩耗性の向上、疲労強度の向上を図ることができる。なお、浸炭窒化の工程を加えることにより表面から少なくとも100μmの範囲の組織を、マルテンサイトあるいはさらに残留オーステナイトを含む結晶粒と、この結晶粒境にFeあるいはCrあるいは両方の炭化物に加え、FeあるいはCrあるいは両方の窒化物を析出させたもので構成するようである。

そして、上記の各実施の形態の加熱及び冷却により、前記炭化物に加え前記窒化物の平均粒径を表面から少なくとも100μmの範囲で0.5μmから10μmとするとと共に、前記範囲の組織中の前記炭化物あるいは及び前記窒化物の面積率を1から20%とすることができる。このことにより、耐摩耗性の向上、疲労強度の向上をより図ることができる。

【0094】またさらには、図13乃至図17のデータは基材としてSCM420Hを使用した場合のものであるが、図1及び図34乃至図38に記載の全ての構造用鋼鋼材を基材として、複数浸炭、複数浸炭窒化、浸炭及び浸炭窒化の組み合わせ複数処理をすることにより、同様に鉄合金部品の耐摩耗性の向上、疲労強度の向上を図ることができる。

### 【0095】

【発明の効果】以上説明してきたように、各請求項に記載された発明によれば、鉄合金部品の表面強度を従来より向上させることができ、耐摩耗性及び疲労強度の向上を図ることができる。

## 13

【図1】この発明の実施の形態1に係る鋼材種類の記号と化学成分を示す表図である。

【図2】同実施の形態1に係るマルテンサイト結晶粒度番号を示す表図である。

【図3】同実施の形態1に係る鋼の状態図である。

【図4】同実施の形態1に係る浸炭方法の説明図である。

【図5】同実施の形態1に係る1回浸炭した場合の鉄合金部品の表面の金属組織を示す拡大図である。

【図6】同実施の形態1に係る図5に示す金属組織表面を更に拡大した図である。

【図7】同実施の形態1に係る1回浸炭した場合の鉄合金部品の中央部の金属組織を示す拡大図である。

【図8】同実施の形態1に係る2回浸炭した場合の鉄合金部品の表面の金属組織を示す拡大図である。

【図9】同実施の形態1に係る図8に示す金属組織表面を更に拡大した図である。

【図10】同実施の形態1に係る2回浸炭した場合の鉄合金部品の中央部の金属組織を示す拡大図である。

【図11】同実施の形態1に係る鉄合金部品の表面を示す図である。

【図12】同実施の形態1に係る2回浸炭品金属組織中の炭化物粒子の分散状態を示す表図である。

【図13】同実施の形態1に係る高度曲線図である。

【図14】同実施の形態1に係るマルテンサイト結晶粒径と10<sup>7</sup>回疲労強度との関係を示すグラフ図である。

【図15】同実施の形態1に係る鉄合金部品の各部における寿命等を示す表図である。

【図16】同実施の形態1に係る破壊繰り返し数と応力振幅との関係を示すグラフ図である。

【図17】従来の鉄合金部品の各部における寿命等を示す表図である。

【図18】従来の鉄合金部品の各部における破壊繰り返し数と応力振幅との関係を示すグラフ図である。

【図19】この発明の実施の形態2に係る浸炭方法の説明図である。

【図20】この発明の実施の形態3に係る浸炭方法の説明図である。

【図21】この発明の実施の形態4に係る浸炭方法の説明図である。

【図22】この発明の実施の形態5に係る浸炭方法の説明図である。

## 14

【図23】上記各実施の形態1乃至5のマルテンサイト結晶粒径を示すグラフ図である。

【図24】この発明の実施の形態6に係る一体型のコンロッドを示す図で、(a)はコンロッドの正面図、

(b)は(a)のA-A線に沿う断面図、(c)は(a)のB-B線に沿う断面図である。

【図25】同実施の形態6に係る図24に示すコンロッドの製造工程の図である。

【図26】同実施の形態6に係る分割型のコンロッドを示す図で、(a)はコンロッドの一部を断面した正面図、(b)はコンロッドの大端部の分割部分で断面した図である。

【図27】同実施の形態6に係る図26に示すコンロッドの製造工程の図である。

【図28】同実施の形態6に係るクランク軸を示す図で、(a)はクランク軸の正面図、(b)は同クランク軸の一部拡大断面図である。

【図29】同実施の形態6に係る図28に示すクランク軸の製造工程の図である。

【図30】同実施の形態6に係る減速歯車を示す図で、(a)は減速歯車の正面図、(b)は(a)のC-C線に沿う断面図である。

【図31】同実施の形態6に係る図30に示す減速歯車の製造工程の図である。

【図32】同実施の形態6に係るピストンピンを示す断面図である。

【図33】同実施の形態6に係る図32に示すピストンピンの製造工程の図である。

【図34】この発明のその他の実施の形態に係わる鋼材種類の記号と化学成分を示す表図である。

【図35】この発明のその他の実施の形態に係わる鋼材種類の記号と化学成分を示す表図である。

【図36】この発明のその他の実施の形態に係わる鋼材種類の記号と化学成分を示す表図である。

【図37】この発明のその他の実施の形態に係わる鋼材種類の記号と化学成分を示す表図である。

【図38】この発明のその他の実施の形態に係わる鋼材種類の記号と化学成分を示す表図である。

## 【符号の説明】

- 40 1 鉄合金部品
- 2 マルテンサイト
- 3 炭化物

【図1】

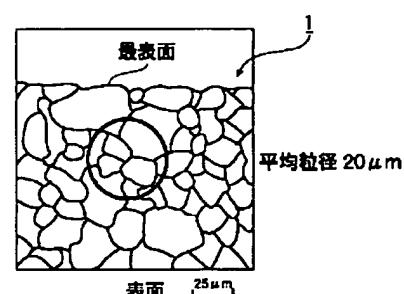
## 焼入性を保証した構造用鋼鋼材

種類の記号	参考	化 学 成 分 %							
		旧記号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
SMn 420 H	SMn 21 H	0.16~0.23	0.15~0.35	1.15~1.55	0.030 以下	0.030 以下	—	—	—
SMn 433 H	SMn 1 H	0.29~0.36	0.15~0.35	1.15~1.55	0.030 以下	0.030 以下	—	—	—
SMn 438 H	SMn 2 H	0.34~0.41	0.15~0.35	1.30~1.70	0.030 以下	0.030 以下	—	—	—
SMn 443 H	SMn 3 H	0.39~0.46	0.15~0.35	1.30~1.70	0.030 以下	0.030 以下	—	—	—
SMnC 420 H	SMnC 21 H	0.16~0.23	0.15~0.35	1.15~1.55	0.030 以下	0.030 以下	—	0.35~0.70	—
SMnC 443 H	SMnC 3 H	0.39~0.46	0.15~0.35	1.30~1.70	0.030 以下	0.030 以下	—	0.35~0.70	—
SCr 415 H	SCr 21 H	0.12~0.18	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030 以下	0.030 以下	—	0.85~1.25	—
SCr 420 H	SCr 22 H	0.17~0.23	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030 以下	0.030 以下	—	0.85~1.25	—
SCr 430 H	SCr 2 H	0.27~0.34	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030 以下	0.030 以下	—	0.85~1.25	—
SCr 435 H	SCr 3 H	0.32~0.39	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030 以下	0.030 以下	—	0.85~1.25	—
SCr 440 H	SCr 4 H	0.37~0.44	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030 以下	0.030 以下	—	0.85~1.25	—
SCM 415 H	SCM 21 H	0.12~0.18	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030 以下	0.030 以下	—	0.85~1.25	0.15~0.35
SCM 418 H	SC —	0.15~0.21	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030 以下	0.030 以下	—	0.85~1.25	0.15~0.35
SCM 420 H	SCM 22 H	0.17~0.23	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030 以下	0.030 以下	—	0.85~1.25	0.15~0.35
SCM 435 H	SCM 3 H	0.32~0.39	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030 以下	0.030 以下	—	0.85~1.25	0.15~0.35
SCM 440 H	SCM 4 H	0.37~0.44	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030 以下	0.030 以下	—	0.85~1.25	0.15~0.35
SCM 445 H	SCM 5 H	0.42~0.49	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030 以下	0.030 以下	—	0.85~1.25	0.15~0.35
SCM 822 H	SCM 24 H	0.19~0.25	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030 以下	0.030 以下	—	0.85~1.25	0.35~0.45
SNC 415 H	SNC 21 H	0.11~0.18	0.15~0.35	0.30~0.70	0.030 以下	0.030 以下	1.95~2.50	0.20~0.55	—
SNC 631 H	SNC 2 H	0.26~0.35	0.15~0.35	0.30~0.70	0.030 以下	0.030 以下	2.45~3.00	0.55~1.05	—
SNC 815 H	SNC 22 H	0.11~0.18	0.15~0.35	0.30~0.70	0.030 以下	0.030 以下	2.95~3.50	0.65~1.05	—
SNCM 220 H	SNCM 21 H	0.17~0.23	0.15~0.35	0.60~0.95	0.030 以下	0.030 以下	0.35~0.75	0.35~0.65	0.15~0.30
SNCM 420 H	SNCM 23 H	0.17~0.23	0.15~0.35	0.40~0.70	0.030 以下	0.030 以下	1.55~2.00	0.35~0.65	0.15~0.30

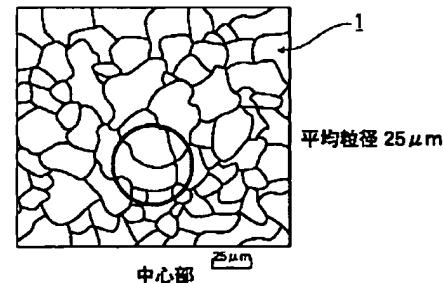
【図2】

粒度番号		
粒度番号 (N)	断面積 1mm <sup>2</sup> あたりの結晶粒の数 (n)	結晶粒の平均断面積 mm <sup>2</sup>
- 3	1	1
- 2	2	0.5
- 1	4	0.25
0	8	0.125
1	16	0.0625
2	32	0.0312
3	64	0.0156
4	128	0.00781
5	256	0.00390
6	512	0.00195
7	1024	0.00098
8	2048	0.00049
9	4096	0.000244
10	8192	0.000122

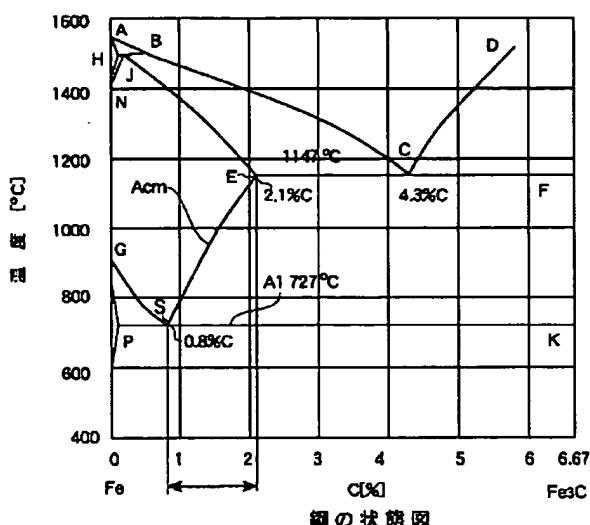
【図5】



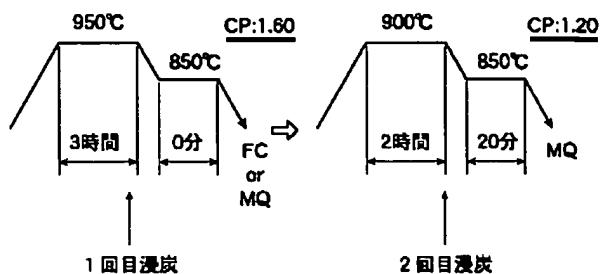
【図7】



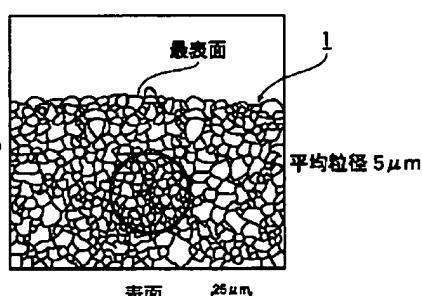
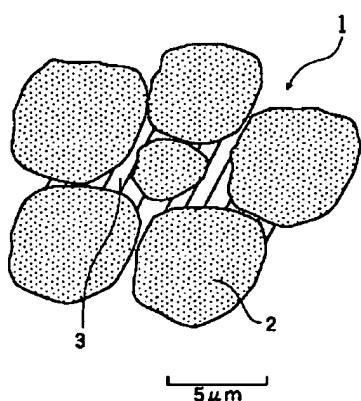
【図3】



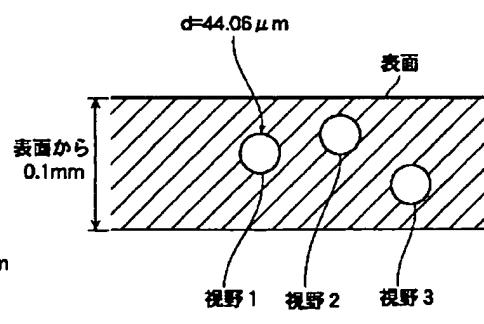
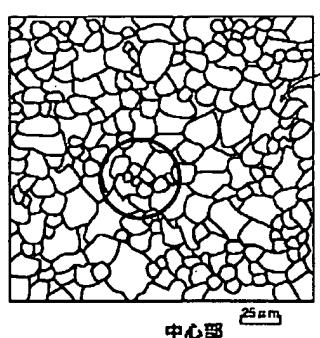
【図4】



【図6】



【図10】



【図11】

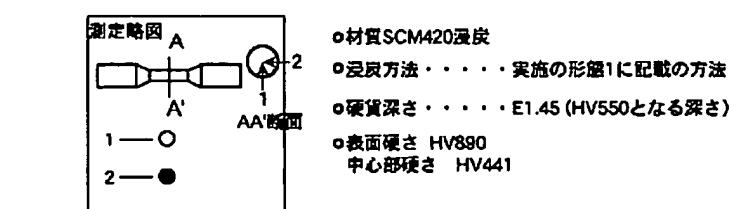
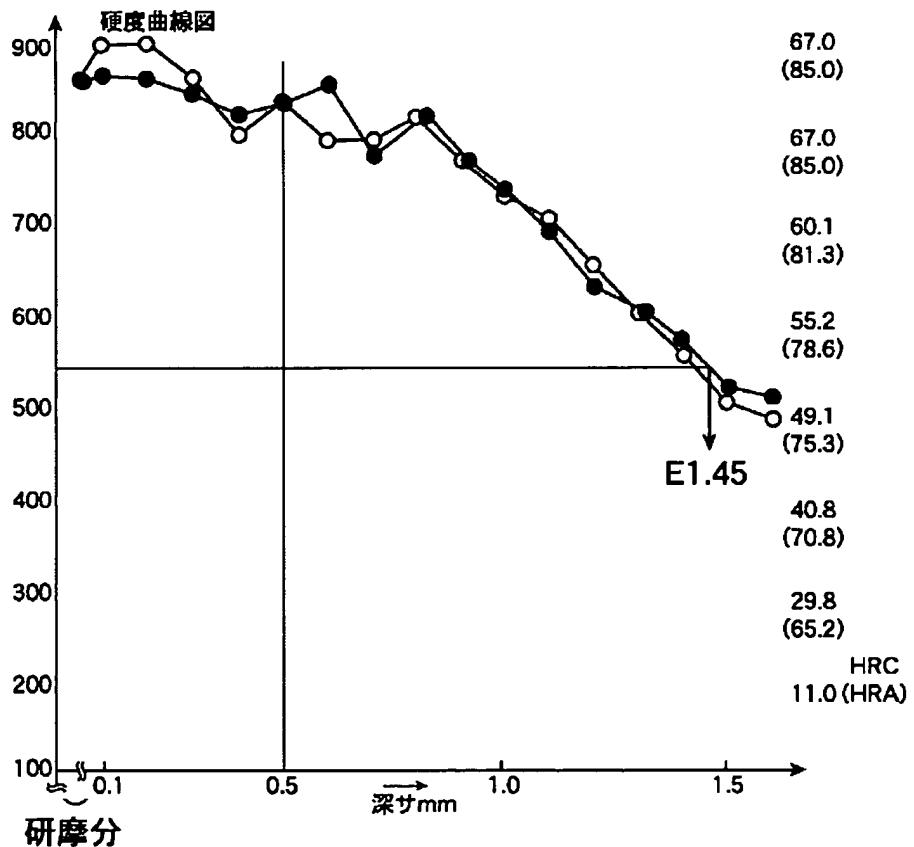
【図12】

## 2回浸炭品金属組織中の炭化物粒子分散状態

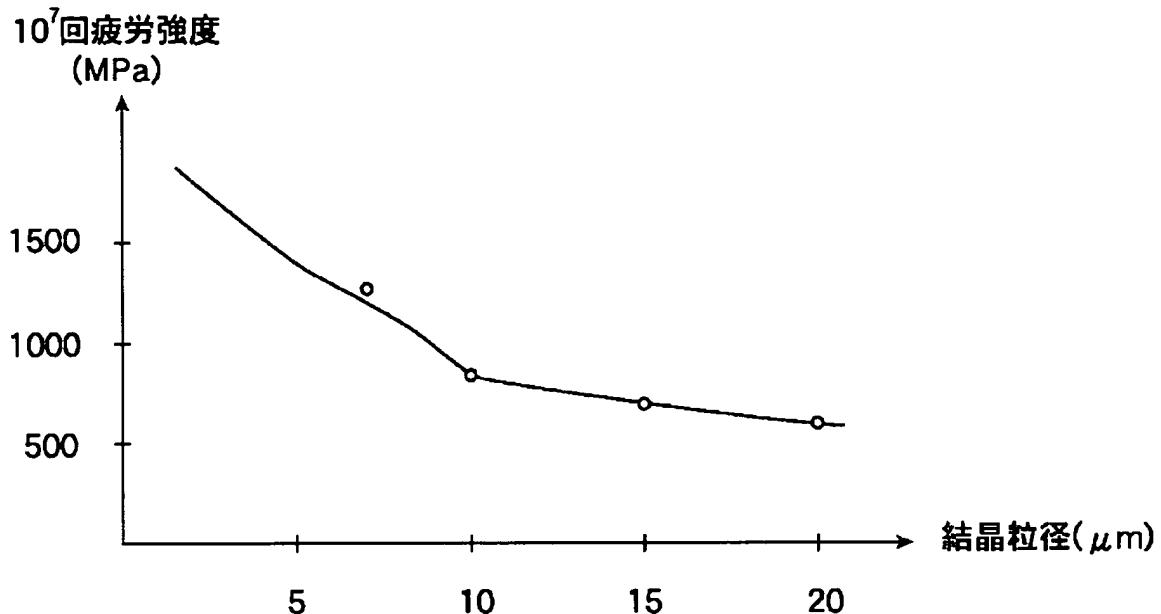
1視野の面積( $\mu\text{m}^2$ ) 1524

	視野1	視野2	視野3	視野1~3の平均
粒子の総面積( $\mu\text{m}^2$ )	98.2	77.5	97.1	90.93
面積率(%)	6.44	5.09	6.37	5.97
粒子の個数	74	77	58	69.67
粒径最大値( $\mu\text{m}$ )	4.27	2.58	3.83	3.56
粒径最小値( $\mu\text{m}$ )	0.35	0.35	0.35	0.35
粒径平均値( $\mu\text{m}$ )	1.08	1.01	1.23	1.1

【図13】



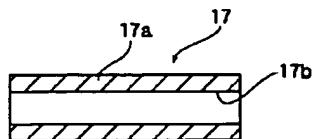
【図14】



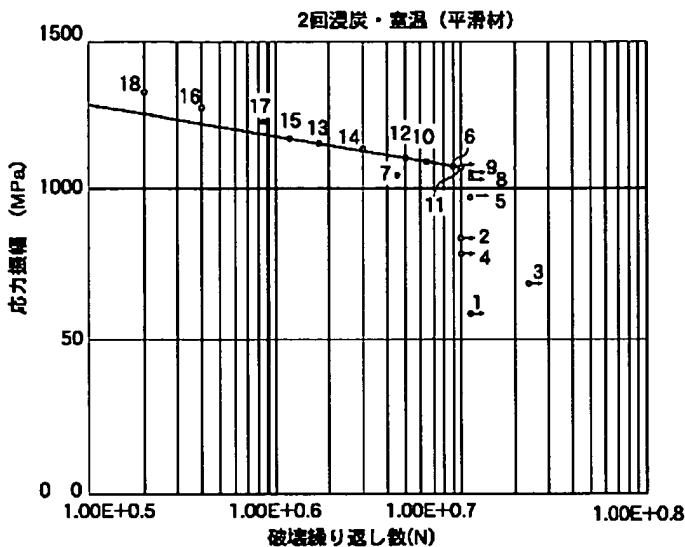
【図15】

TP諸元						
TP NO.	直径 (mm)	荷重 (kgf)	寿命 (回)	公称応力 (MPa)	材質	SCM420
1	8.008	30	1.10E+07	583 →	熱処理	浸炭焼入れ
2	8.004	43	1.03E+07	837 →	硬度	表面890HMV 深さE1.45
3	8.004	35	2.29E+07	681 →	切り欠き係数	1
4	8.004	40	1.01E+07	778 →	試験条件	室温
5	8.009	50	1.10E+07	971 →		
6	8.006	55	8.90E+06	1069		
7	8.008	54	4.37E+06	1049		
8	8.007	53	1.11E+07	1030 →		
9	8.007	54	1.10E+07	1050 →		
10	8.007	56	6.42E+06	1088		
11	8.008	55	1.00E+07	1069 →		
12	8.009	57	4.85E+06	1107		
13	8.008	59	1.65E+06	1146		
14	8.008	58	3.13E+06	1127		
15	8.009	60	1.28E+06	Φ1165		
16	8.009	65	3.78E+05	Φ1285		
17	8.007	63	8.28E+05	Φ1225		
18	8.006	68	1.94E+06	Φ1322		
19	0			#DIV/0!		
20	0			#DIV/0!		

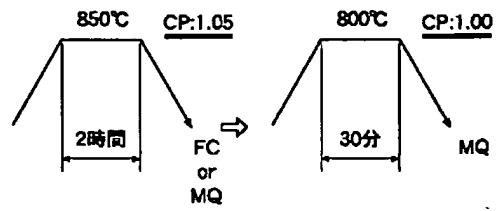
【図32】



【図16】



【図21】

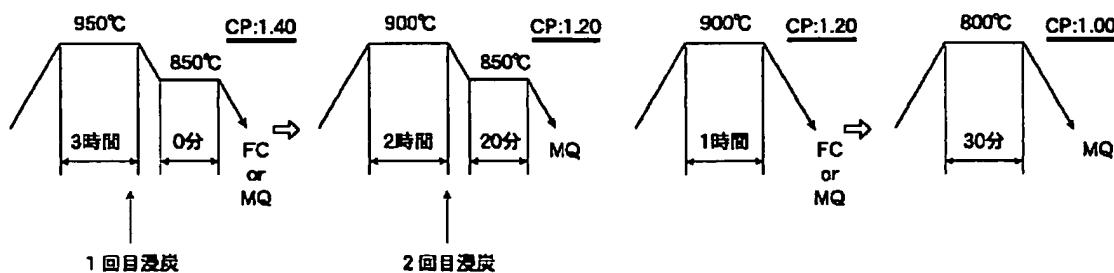


【図17】

TP諸元

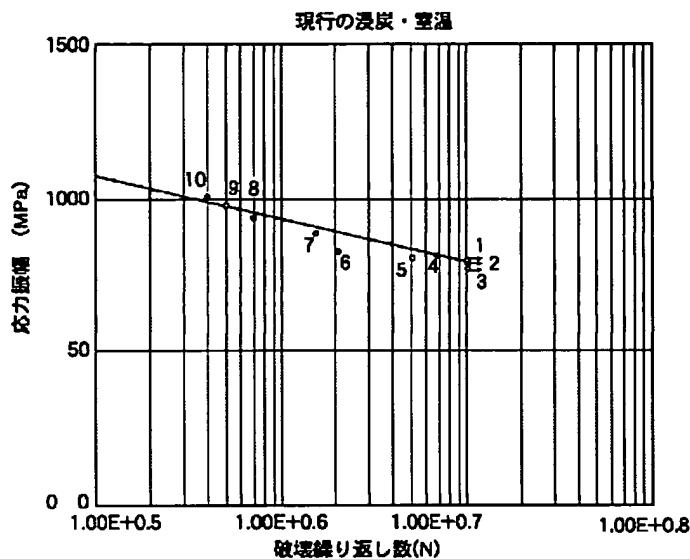
TP NO.	直径(mm)	荷重(kgf)	寿命(回)	公称応力(MPa)	材質	SCM420
1	8	41.0	1.00E+07	799 →	熱処理	浸炭焼入れ
2	8	40.5	1.00E+07	789 →	浸炭条件	920°C × 3hr 浸炭 (C: P0.9% C)
3	8	39.5	1.00E+07	770 →	硬度	
4	8	42.0	7.00E+06	818	切り欠き係数	1
5	8	41.5	5.00E+06	809	試験条件	室温
6	8	42.5	2.00E+06	828		
7	8	45.5	1.50E+06	887		
8	8	48.0	7.00E+05	935		
9	8	50.5	5.00E+05	984		
10	8	51.5	4.00E+05	1004		
11	8			0		
12	8			0		
13	8			0		
14	8			0		
15	8			0		
16	8			0		
17	8			0		
18	8			0		
19	8			0		
20	8			0		

【図19】

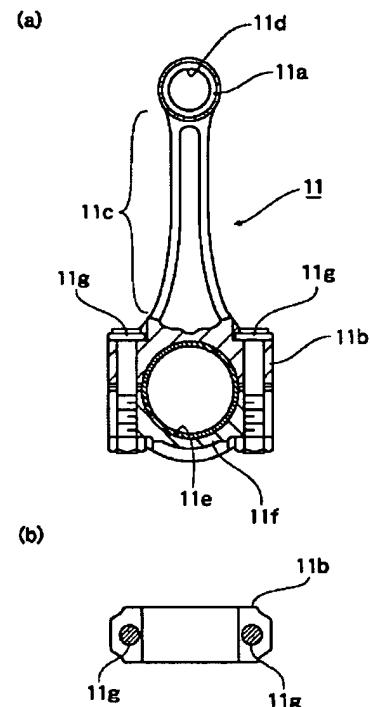


【図22】

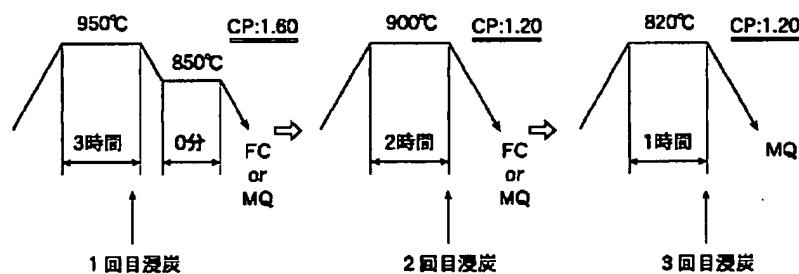
【図18】



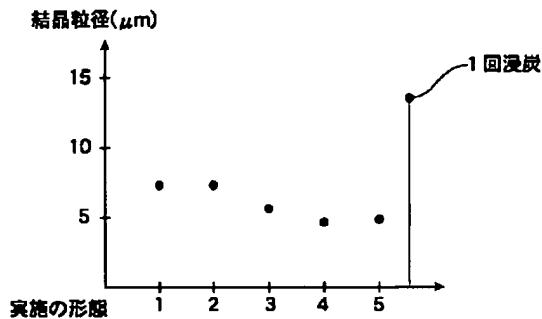
【図26】



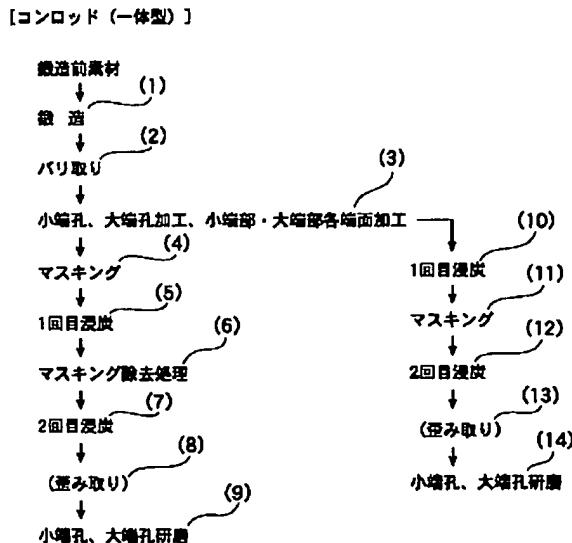
【図20】



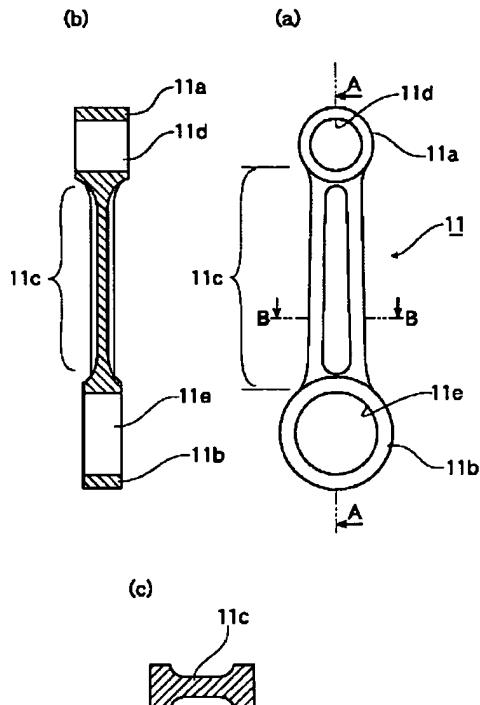
【図23】



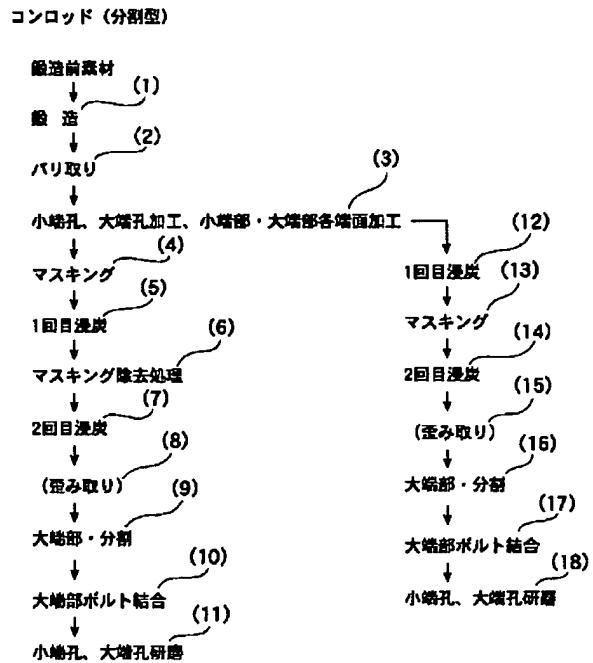
【図25】



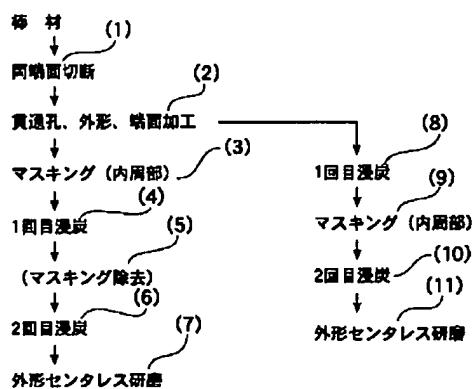
【図24】



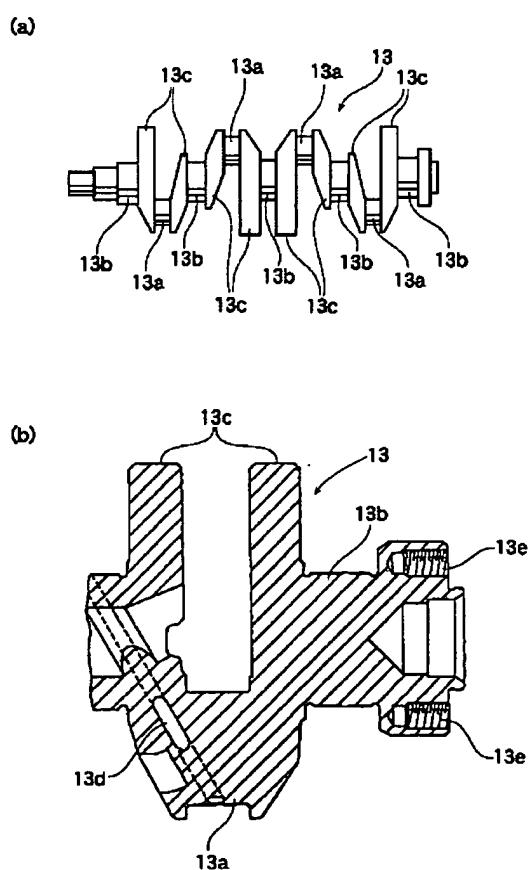
【図27】



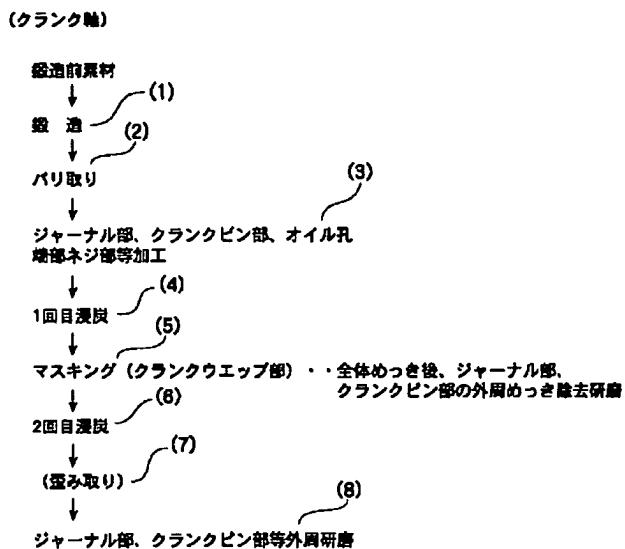
【図33】



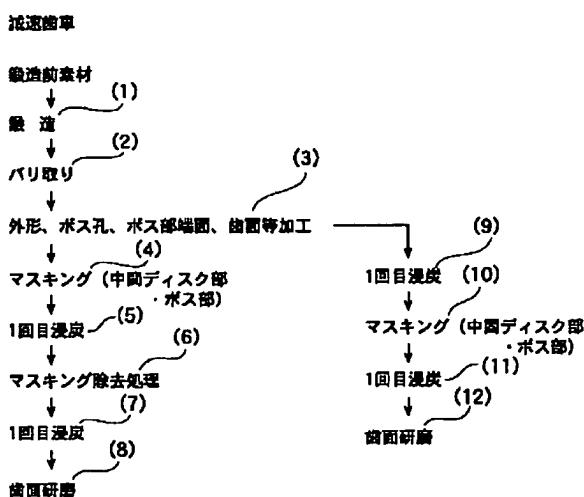
【図28】



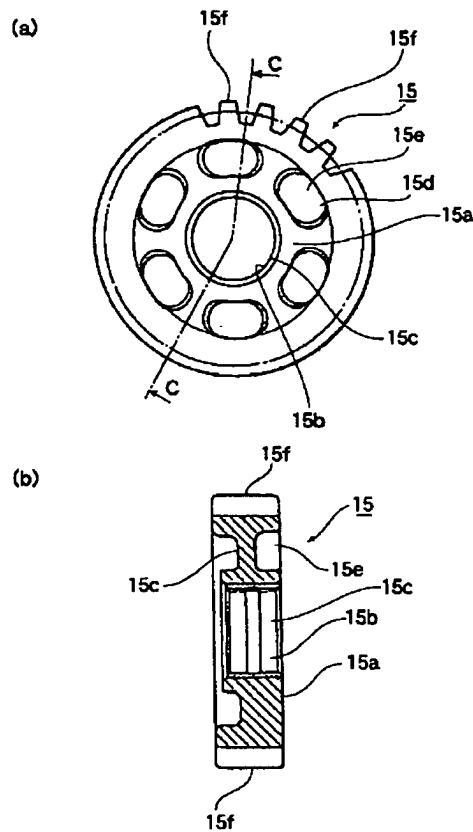
【図29】



【図31】



【図30】



【図34】

種類の記号	参考	化 学 成 分 %							
		旧記号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
SNC 236	SNC 1	0.32 ~ 0.40	0.15 ~ 0.35	0.50 ~ 0.80	0.030 以下	0.030 以下	1.00 ~ 1.50	0.50 ~ 0.90	
SNC 415	SNC 21	0.12 ~ 0.18	0.15 ~ 0.35	0.35 ~ 0.65	0.030 以下	0.030 以下	2.00 ~ 2.50	0.20 ~ 0.50	
SNC 831	SNC 2	0.27 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	0.35 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	2.50 ~ 3.00	0.60 ~ 1.00	
SNC 815	SNC 22	0.12 ~ 0.18	0.15 ~ 0.35	0.35 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	3.00 ~ 3.50	0.70 ~ 1.00	
SNC 836	SNC 3	0.32 ~ 0.40	0.15 ~ 0.35	0.35 ~ 0.65	0.030 以下	0.030 以下	3.00 ~ 3.50	0.60 ~ 1.00	

【図35】

種類の記号	参考	化 学 成 分 %							
		旧記号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
SNCM 220	SNCM 21	0.17 ~ 0.23	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.030 以下	0.40 ~ 0.70	0.40 ~ 0.85	0.15 ~ 0.30
SNCM 240	SNCM 6	0.38 ~ 0.43	0.15 ~ 0.35	0.70 ~ 1.00	0.030 以下	0.030 以下	0.40 ~ 0.70	0.40 ~ 0.85	0.15 ~ 0.30
SNCM 415	SNCM 22	0.12 ~ 0.18	0.15 ~ 0.35	0.40 ~ 0.70	0.030 以下	0.030 以下	1.60 ~ 2.00	0.40 ~ 0.65	0.15 ~ 0.30
SNCM 420	SNCM 23	0.17 ~ 0.23	0.15 ~ 0.35	0.40 ~ 0.70	0.030 以下	0.030 以下	1.60 ~ 2.00	0.40 ~ 0.65	0.15 ~ 0.30
SNCM 431	SNCM 1	0.27 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.030 以下	1.60 ~ 2.00	0.60 ~ 1.00	0.15 ~ 0.30
SNCM 439	SNCM 8	0.36 ~ 0.43	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.030 以下	1.60 ~ 2.00	0.60 ~ 1.00	0.15 ~ 0.30
SNCM 447	SNCM 9	0.44 ~ 0.50	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.030 以下	0.030 以下	1.60 ~ 2.00	0.60 ~ 1.00	0.15 ~ 0.30
SNCM 616	SNCM 26	0.13 ~ 0.20	0.15 ~ 0.35	0.80 ~ 1.20	0.030 以下	0.030 以下	2.80 ~ 3.20	1.40 ~ 1.80	0.40 ~ 0.60
SNCM 625	SNCM 2	0.20 ~ 0.30	0.15 ~ 0.35	0.35 ~ 0.60	0.030 以下	0.030 以下	3.00 ~ 3.50	1.00 ~ 1.50	0.15 ~ 0.30
SNCM 630	SNCM 5	0.25 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	0.35 ~ 0.60	0.030 以下	0.030 以下	2.50 ~ 3.50	2.50 ~ 3.50	0.50 ~ 0.70
SNCM 815	SNCM 25	0.12 ~ 0.18	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	0.030 以下	0.030 以下	4.00 ~ 4.50	0.70 ~ 1.00	0.15 ~ 0.30

【図36】

種類の記号	参考	化 学 成 分 %					
		旧記号	C	Si	Mn	P	S
SCr 415	SCr 21	0.13 ~ 0.18	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.90 ~ 1.20
SCr 420	SCr 22	0.18 ~ 0.23	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.80 ~ 1.20
SCr 430	SCr 2	0.28 ~ 0.33	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.90 ~ 1.20
SCr 435	SCr 3	0.33 ~ 0.38	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.90 ~ 1.20
SCr 440	SCr 4	0.38 ~ 0.43	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.90 ~ 1.20
SCr 445	SCr 5	0.43 ~ 0.48	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.90 ~ 1.20

【図37】

種類の記号	参考	化 学 成 分 %						
		旧記号	C	Si	Mn	P	S	Cr
SCM 415	SCM 21	0.13 ~ 0.18	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.90 ~ 1.20	0.15 ~ 0.30
SCM 418	—	0.16 ~ 0.21	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.90 ~ 1.20	0.15 ~ 0.30
SCM 420	SCM 22	0.18 ~ 0.23	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.80 ~ 1.20	0.15 ~ 0.30
SCM 421	SCM 23	0.17 ~ 0.23	0.15 ~ 0.35	0.70 ~ 1.00	0.030 以下	0.030 以下	0.90 ~ 1.20	0.15 ~ 0.30
SCM 430	SCM 2	0.28 ~ 0.33	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.90 ~ 1.20	0.15 ~ 0.30
SCM 432	SCM 1	0.27 ~ 0.37	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	0.030 以下	0.030 以下	1.00 ~ 1.50	0.15 ~ 0.30
SCM 435	SCM 3	0.33 ~ 0.38	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.80 ~ 1.20	0.15 ~ 0.30
SCM 440	SCM 4	0.38 ~ 0.43	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.90 ~ 1.20	0.15 ~ 0.30
SCM 445	SCM 5	0.43 ~ 0.48	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.80 ~ 1.20	0.15 ~ 0.30
SCM 822	SCM 24	0.20 ~ 0.25	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.030 以下	0.030 以下	0.80 ~ 1.20	0.35 ~ 0.45

【図38】

種類の記号	参考	化 学 成 分 %					
		旧記号	C	Si	Mn	P	S
SMn 420	SMn 21	0.17 ~ 0.23	0.15 ~ 0.35	1.20 ~ 1.60	0.030 以下	0.030 以下	—
SMn 433	SMn 1	0.30 ~ 0.36	0.15 ~ 0.35	1.20 ~ 1.50	0.030 以下	0.030 以下	—
SMn 438	SMn 2	0.35 ~ 0.41	0.15 ~ 0.35	1.35 ~ 1.65	0.030 以下	0.030 以下	—
SMn 443	SMn 3	0.40 ~ 0.46	0.15 ~ 0.35	1.35 ~ 1.65	0.030 以下	0.030 以下	—
SMnC 420	SMnC 21	0.17 ~ 0.23	0.15 ~ 0.35	1.20 ~ 1.50	0.030 以下	0.030 以下	0.35 ~ 0.70
SMnC 443	SMnC 3	0.40 ~ 0.46	0.15 ~ 0.35	1.35 ~ 1.65	0.030 以下	0.030 以下	0.35 ~ 0.70